

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-021511  
(43)Date of publication of application : 28.01.1994

(51)Int.Cl.

H01L 33/00  
H01S 3/18

(21)Application number : 04-203084

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

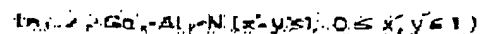
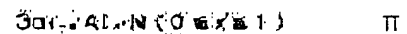
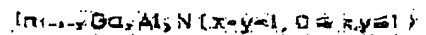
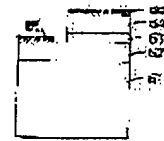
(22)Date of filing : 06.07.1992

(72)Inventor : SASAKI TORU  
MATSUOKA TAKASHI  
MAEBOTOKE SAKAE

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To manufacture the highly efficient semiconductor light emitting element over the broad wavelength region extending from visible to ultraviolet rays by a method wherein a specific layer is provided between a light emitting layer and a growing substrate.  
**CONSTITUTION:** A specific layer represented by the formula II is provided between a light emitting layer 63 and a growing substrate 61. Next, the light emitting layer 63 having at least one layer represented by the formula I is held between n-type and p-type GaN current injection layers 62 and 64 represented by the formula III. Through these procedures, the electrons and holes injected in the light emitting layer 63 are enclosed therein without running into the current injection layer 62, 64 thereby enabling the light in high outer quantum efficiency to be emitted. That is, even if n-type and p-type current injection layers 62 and 64 are doped in high concentration of e.g.  $10^{18}$ – $10^{19}\text{cm}^{-3}$ , the title light emitting element having excellent current versus voltage characteristic can be manufactured without affecting the purity of the light emitting spectrum due to the distinct separation between the light emitting region 63 and the current injection regions 62, 64.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.08.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3243768

[Date of registration] 26.10.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-21511

(43)公開日 平成6年(1994)1月28日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 33/00

C 8934-4M

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数2(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-203084

(22)出願日 平成4年(1992)7月6日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 佐々木 徹

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 松岡 隆志

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 前佛 栄

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 高山 敏夫 (外1名)

(54)【発明の名称】 半導体発光素子

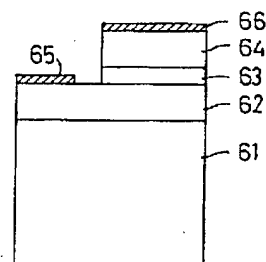
(57)【要約】 (修正有)

【目的】 従来の発光素子に対し、すぐれた特性を有し、発光波長を200～600nmの範囲で変化しうる発光素子を提供すること。

【構成】 発光層63中に

層を少なくとも一層含む半導体発光素子において、発光層63と成長基板61との間に

層62を設けたことを特徴とする半導体発光素子。



61…サファイア(0001)基板

62…SiF-7'n型Ga<sub>0.9</sub>N電流注入層

63…アンド-7'In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N発光層

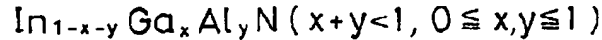
64…MgF-7'p型Ga<sub>0.9</sub>N電流注入層

65…n側電極

66…p側電極

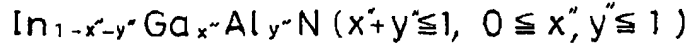
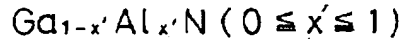
【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光層中に



層を少なくとも一層含む半導体発光素子において、発光層と成長基板との間に

【化2】



層を有することを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、可視から紫外で発光する化合物半導体発光素子用構造に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体発光素子において効率のよい電流注入発光を得るためには、p型及びn型電流注入層から注入された電子及び正孔が発光領域内で効率よく発光性再結合することが重要である。従来の

【化1】を用いた半導体発光素子では、その構造に関し以下のような問題点があった。従来の

【化1】を用いた半導体発光素子の第1の例として、図6にGa<sub>0.5</sub>Nホモ接合ダイオードの構成図を示す。図中、11はサファイア基板、12はn型Ga<sub>0.5</sub>N層、13はp型Ga<sub>0.5</sub>N層、14はn側電極、15はp側電極である。n型層12にはアンドープあるいはSiドープGa<sub>0.5</sub>Nを、p型層13にはMgドープ後電子線照射あるいは熱アニールにより低抵抗化したGa<sub>0.5</sub>Nを用いることが一般的である。この構造では、pn接合界面に形成される空乏層が発光領域となり、空乏層内で発光性再結合した電子及び正孔のみが発光に寄与する。この構造の第1の問題点は、空乏層内に注入された電子及び正孔のかなりの部分が、空乏層内で再結合せずn型層12及びp型層13へ拡散してしまうことである。この結果、この構造では発光効率の向上が望めない。この構造の第2の問題点は、シリーズ抵抗低減のためn型層12及びp型層13に高濃度ドーピングを行うと、発光スペクトルに深い準位からの発光が現れ純度の高いスペクトルが得られないことである。この結果、良好な電流対電圧特性と良好な発光スペクトル特性とを両立させることができない。

【0003】図7には、従来の

【化1】を用いた半導体発光素子の第2の例として、Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N/Ga<sub>0.5</sub>Nヘテロ接合ダイオードの構成図を示した。図中、21はサファイア基板、22はn型Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層、23はGa<sub>0.5</sub>N発光層、24はp型Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層、25はn側電極、26はp側電極であ

【化1】

層を設けたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 前記発光層中の

【化1】層に接して、これよりバンドギャップエネルギーが大きい

【化3】

る。この構造では、Ga<sub>0.5</sub>N発光層23をこれよりバンドギャップエネルギーの大きいn型Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層22及びp型Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層24で挟んだ構造となっているため、Ga<sub>0.5</sub>N発光層23に注入された電子及び正孔はn型Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層22及びp型Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層24へ拡散することなくGa<sub>0.5</sub>N発光層23に閉じ込められる。また、シリーズ抵抗低減のためn型Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層22及びp型Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層24に高濃度ドーピングを行っても、Ga<sub>0.5</sub>N発光層23の発光スペクトルに影響を及ぼさないという利点を持つ。図7の構造を改良した構造として、図7のGa<sub>0.5</sub>N発光層23の代わりにGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N/Ga<sub>0.5</sub>N単一量子井戸あるいは多重量子井戸を発光層として用い、発光効率の高効率化を図った構造も公知である。この構造では、n型Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層22及びp型Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層24よりAl組成の低いGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N層をGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N/Ga<sub>0.5</sub>N量子井戸のバリア層として選ぶ。しかし以上述べたように、図7の構造及びこれを改良した構造では、発光層としてGa<sub>0.5</sub>NあるいはGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N三元混晶を用いているため、発光波長を200～370nmの範囲内でしか選択できない。

【0004】従来の

【化1】を用いた半導体発光素子の第3の例として、In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N/In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Nヘテロ接合ダイオードの構成図を図8に示す。図中、31はサファイア基板、32はn型In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層、33はIn<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N発光層、34はp型In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層、35はn側電極、36はp側電極である。ここで、n型In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層32及びp型In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層34の組成は、そのバンドギャップエネルギーがIn<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N発光層33より大きく、かつその格子定数がIn<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N発光層33に整合するように選ぶ。この構造では、In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N発光層33をこれよりバンドギャップエネルギーが大きいn型In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層32及びp型In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層34で挟んだ構造となっているため、In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N発光層33に注入された電子及び正孔がn型In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層32及びp型In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N電流注入層34へ流出することなくIn<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N発光層33に閉じ込められる。また、シリーズ抵抗を低減

するためn型InGaAlN電流注入層32及びp型InGaAlN電流注入層34に高濃度ドーピングを行っても、InGaN発光層33の発光スペクトルに影響を及ぼさないという利点を持つ。さらにこの構造では、発光層としてInGaAlN四元混晶を用いているため、200～600nmの範囲で発光波長を変化できる。さらにこの構造では、n型InGaAlN電流注入層32、InGaN発光層33及びp型InGaAlN電流注入層34が互いに格子整合しているため、格子不整合に起因する非発光再結合中心や結晶欠陥による素子劣化が起こらない。しかし、Inを含む多元混晶

【化1】はGaNやGaAlNに比べ結晶性が不十分であり、発光スペクトル特性の良好な発光素子の作製が困難であるという問題があった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は以上の問題点を解決するために提案されたもので、その目的は、可視から紫外にわたる広い波長域における高効率半導体発光素子を提供することにある。さらに詳述すれば、本発明は、発光層内へ電子及び正孔を閉じ込めることが可能である上、発光層に用いた

【化1】層の結晶性が自動的に向上する半導体発光素子を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体発光素子は、発光層中に

【化1】層を少なくとも一層含む半導体発光素子において、発光層と成長基板との間に

【化2】層を設けたことを最も主要な特徴とする。また、本発明の第2の主要な特徴は、前記発光層中の

【化1】層に接してこれと格子定数の異なる

【化3】層を設けたことにある。従来のGaNホモ接合ダイオード及びGaAlN/GaNヘテロ接合ダイオードとは、発光層中にInを含む層を少なくとも一層含む点が異なる。さらに、従来のホモ接合ダイオードとは、発光層中にヘテロ接合界面を有する点が異なる。従来のInGaAlN/InGaNヘテロ接合ダイオードとは、格子不整合条件下で素子を作製する点が異なるものである。

【0007】

【作用】本発明においては、発光層と成長基板との間に

【化2】層を設けることによって結晶性が向上し、従来の発光素子に比べて発光特性の優れた発光素子をうることができる。

【0008】

【実施例】次に本発明の実施例について説明する。図4及び図5に本発明にいたる研究において明らかになった実験結果を示す。図4は、膜厚0.5μmのIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層のX線回折プロファイルを示す図であって、(a)はIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層をサファイア上に直接成

長した場合、(b)はサファイア上に膜厚5μmのGaNを介して成長した場合に対応する。サファイア上に直接成長したIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層のX線回折プロファイルの半値全幅は20分であるのに対し、サファイア上にGaNを介して成長したIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層のX線回折プロファイルの半値全幅は1.5分と大幅に低減する。

【0009】図5は図4と同一の試料のフォトルミネッセンス・スペクトルを示す図であって、(a)はIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層をサファイア上に直接成長した場合、(b)はサファイア上に膜厚5μmのGaNを介して成長した場合に対応する。サファイア上に直接成長したIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層のフォトルミネッセンス・スペクトルには、深い準位からの発光が見れるのに対し、サファイア上にGaNを介して成長したIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層のフォトルミネッセンス・スペクトルは、360nmをピークとするバンド端近傍からの発光のみからなる。以上の効果はIn<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>Nの組成xによらず、0≤x≤1のすべてのxに対して観測された。以上のように、InGaN層の膜質は、GaNを介して成長することにより著しく向上する。また、

【化5】

$Ga_{1-x}Al_xN$  (0≤x≤1)

層を介してInGaNを成長しても、同様の効果が観測された。図4及び図5では、基板としてサファイア(0001)面を用いた場合の結果を示したが、他の材料基板あるいは他の面方位基板を用いても、全く同様の結果が得られた。このことは、Inを含む多元混晶

【化1】層が本質的に

【化6】

$Ga_{1-x}Al_xN$  (0≤x≤1)

層に比べ結晶品質が不十分であることによる。次に、上記の実験結果に基づいて行った本発明の実施例を説明する。なお、実施例は一つの例示であって、本発明の精神を逸脱しない範囲で、種々の変更あるいは改良を行い得ることは言うまでもない。

【0010】【実施例1】(格子不整合ダブルヘテロ構造及び単一量子井戸構造)

図1は、本発明の第1の実施例の構造を示す図であって、61はサファイア(0001)基板、62は膜厚5μm及び電子濃度10<sup>19</sup>cm<sup>-3</sup>のSiドーブn型GaN電流注入層、63は膜厚0.5μmのアンドロブIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N発光層、64は膜厚2μm及びホール濃度10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>のMgドーブp型GaN電流注入層、65はn側電極、66はp側電極である。電極65に対して正の電圧を66に加えることにより、電子及び正孔を発光層63に注入した。その結果、立ち上がり電圧4Vの電流対電圧特性が得られ、波長380nm帯にのみ発

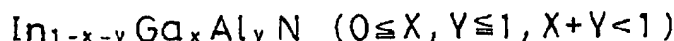
光ピークを持つ発光を観測できた。最大光出力は1.6 mWであり、外部量子効率率は2%であった。また、InGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>発光層63の組成を变化することによって、発光波長を600 nmまで長波長化することができた。

【0011】この構造では、アンドープIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N発光層63をこれよりバンドギャップエネルギーが大きいn型及びp型Ga<sub>0.9</sub>N電流注入層62及び64で挟む構造となっているため、発光層63に注入された電子及び正孔は電流注入層62または64に流出することなく発光層63内に閉じ込められ、上記のように外部量子効率の高い発光が得られる。このように発光領域と電流注入領域とが明確に分離されているため、n型及びp型電流注入層62及び64に10<sup>18</sup>~10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>という高濃度ドーピングを行っても、発光スペクトルの純度に影響を及ぼすことなく電流対電圧特性の良好な素子を作製することができる。また、この構造では発光層として

InGa<sub>0.9</sub>N層を用いているため、発光波長を360~600 nmの範囲で変化することができる。この構造においてInGa<sub>0.9</sub>Nを発光層に用いているにも拘らず、上記のような良好な特性が得られる最大の原因は、InGa<sub>0.9</sub>N発光層63を結晶性の良好なn型Ga<sub>0.9</sub>N電流注入層62上に成長している点にある。特に図1の構成において、発光層63の膜厚を10 nm以下にすると、格子不整合に起因する結晶構造欠陥が発生する臨界膜厚以下となり、発光層63の結晶性が著しく向上する。この結果、素子特性が向上し、素子寿命も延びる。このように発光層の膜厚が薄い発光素子では、量子閉じ込め効果が現れ、発光波長は375 nmまでシフトした。ここでは、62としてGa<sub>0.9</sub>Nを用いることを述べたが、

【化6】を用いても良い。また、発光層として、InGa<sub>0.9</sub>Nを用いたが、

【化4】



でも良いことは明らかである。

【0012】〔実施例2〕（分離閉じ込め単一量子井戸構造）

図2は、本発明の第2の実施例の構造を示す図であって、図において、71はサファイア（0001）基板、72は膜厚5 μm及び電子濃度5×10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>のSiドーブn型GaAlN電流注入及び光閉じ込め層、73は膜厚2 μm及び電子濃度10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>のSiドーブn型Ga<sub>0.9</sub>Nキャリア閉じ込め層、74は膜厚10 nmのアンドープIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N単一量子井戸発光層、75は膜厚2 μm及びホール濃度10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>のMgドーブp型Ga<sub>0.9</sub>Nキャリア閉じ込め層、76は膜厚2 μm及びホール濃度5×10<sup>17</sup> cm<sup>-3</sup>のMgドーブp型GaAlN電流注入及び光閉じ込め層、77はn側電極、78はp側電極である。電極77に対して正の電圧を78に加えることにより、電子及び正孔を発光層74に注入した。その結果、立ち上がり電圧4 Vの電流対電圧特性が得られ、波長375 nm帯にのみ発光ピークを持つ発光を観測できた。最大光出力は3 mWであり、外部量子効率率は2%であった。また、InGa<sub>0.9</sub>N発光層73の組成を变化することによって、発光波長を600 nmまで長波長化することができた。

【0013】この構造は、実施例1の素子構造において、n型Ga<sub>0.9</sub>N層、InGa<sub>0.9</sub>N層及びp型Ga<sub>0.9</sub>N層の上下をp型GaAlN層及びn型GaAlN層で挟んだ構造となっており、実施例1の構造で得られたと全く同様の効果を期待できる。さらに、実施例1の構造において、InGa<sub>0.9</sub>N発光層の膜厚を10 nmと薄くすると光閉じ込めが不十分となるが、図2の構造ではn型Ga<sub>0.9</sub>N層73、InGa<sub>0.9</sub>N層74及びp型Ga<sub>0.9</sub>N層75よりも屈折率の小さいn型及びp型GaAlN層72及び76

の存在により光閉じ込めの効果が現れ、上記のように大きな光出力及び高い外部量子効率を得ることができる。ここでは、素子を構成する各層にGa<sub>0.9</sub>N、GaAlNを用いたが、バンドギャップエネルギーが図2において74<73、75<72、76の関係を保つ限り、

【化4】を用いても良いことは明らかである。

【0014】〔実施例3〕（分離閉じ込め多重量子井戸構造）

図3は、本発明の第3の実施例の構造を示す図であって、図において、81はサファイア（0001）基板、82は膜厚5 μm及び電子濃度5×10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>のSiドーブn型GaAlN電流注入及び光閉じ込め層、83は膜厚2 μm及び電子濃度10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>のSiドーブn型Ga<sub>0.9</sub>Nキャリア閉じ込め層、84は膜厚10 nmのアンドープIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nと膜厚10 nmのアンドープGa<sub>0.9</sub>N層を交互に10層積層した多重量子井戸層、85は膜厚2 μm及びホール濃度10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>のMgドーブp型Ga<sub>0.9</sub>Nキャリア閉じ込め層、86は膜厚2 μm及びホール濃度5×10<sup>17</sup> cm<sup>-3</sup>のMgドーブGaAlN電流注入及び光閉じ込め層電流注入層、87はn側電極、88はp側電極である。電極87に対して正の電圧を88に加えることにより、電子及び正孔を多重量子井戸層84に注入した。その結果、立ち上がり電圧6 Vの電流対電圧特性が得られ、波長375 nm帯にのみ発光ピークを持つ発光を観測できた。最大光出力は5 mWであり、外部量子効率率は6%であった。また、InGa<sub>0.9</sub>N発光層83の組成を变化することによって、発光波長を600 nmまで長波長化することができた。この構造は、図2の構造のInGa<sub>0.9</sub>N発光層74の代わりにInGa<sub>0.9</sub>N/Ga<sub>0.9</sub>N多重量子井戸を導入した構造となっているため、図2の構造で得られたと全く同様の作用が働く

上、実質的な発光層であるInGa<sub>y</sub>N井戸層の層数が増加しているため上記のように大きな光出力を得ることができる。本実施例の各層に、

【化1】を用いても良いことは明らかである。

【0015】上記のすべての実施例では、基板としてサファイア(0001)面を用いたが、他の材料基板あるいは他の面方位基板を用いても、全く同様の効果を得ることができる。また、発光層と基板の間に存在するGa<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>N(0 ≤ x, y ≤ 1)の結晶性を向上するため、基板上にまず低温成長

【化2】を堆積すると一層効果的である。

【0016】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体発光素子用構造では発光層中に

【化1】層を用いているため、発光波長を200～600nmの範囲で変化することができる。また、本発明の半導体発光素子用構造では発光層と成長基板の間に

【化2】層を有するため、発光層中に用いた

【化1】層の結晶性が向上し、従来の

【化1】層を発光層に用いた発光素子に比べ、発光特性の優れた発光素子を作製することができる。特に、

【化1】層の膜厚が、格子不整合に起因する結晶構造欠陥が発生する臨界膜厚より薄ければ、結晶性はさらに著しく向上し、極めて良好な発光素子を作製できると言う利点を持つ。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の構造を示す図であって、InGa<sub>y</sub>N/GaNダブルヘテロ構造を示す。

【図2】本発明の第2の実施例の構造を示す図であって、InGa<sub>y</sub>N/GaN/GaAlN分離閉じ込め単一量子井戸構造を示す。

【図3】本発明の第3の実施例の構造を示す図であって、InGa<sub>y</sub>N/GaN/GaAlN分離閉じ込め多重量子井戸構造を示す。

【図4】サファイア上In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>NのX線回折プロファイルを示す図であって、(a)はGaN層を介さない場合、(b)はGaN層を介した場合に対応する。

【図5】サファイア上In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nのフォトルミネッセンススペクトルを示す図であって、(a)はGaN層を介さない場合、(b)はGaN層を介した場合に対応する。

【図6】従来の半導体発光素子用構造の第1の例を説明する図であって、GaNホモ接合ダイオードの構成図を示す。

【図7】従来の半導体発光素子用構造の第2の例を説明する図であって、GaAlN/GaNヘテロ接合ダイオードの構成図を示す。

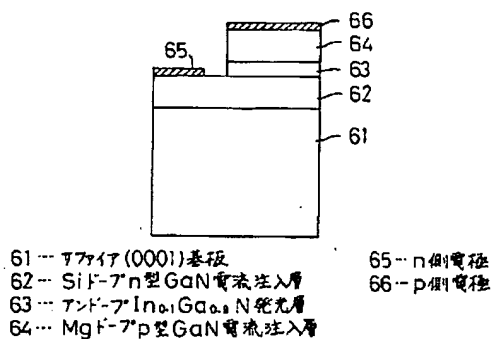
【図8】従来の半導体発光素子用構造の第3の例を説明

する図であって、InGaAlN/InGa<sub>y</sub>Nヘテロ接合ダイオードの構成図を示す。

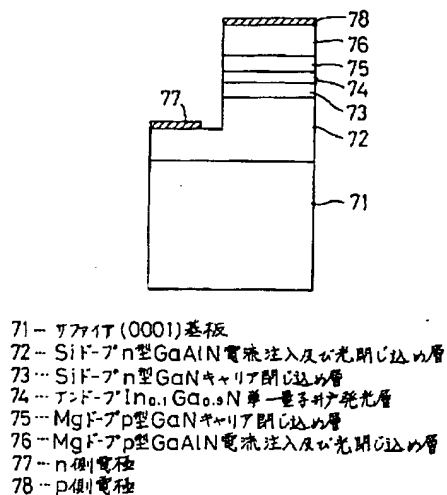
【符号の説明】

- 11 サファイア基板
- 12 n型Ga<sub>y</sub>N層
- 13 p型Ga<sub>y</sub>N層
- 14 n側電極
- 15 p型電極
- 21 サファイア基板
- 22 n型GaAlN電流注入層
- 23 Ga<sub>y</sub>N発光層
- 24 p型GaAlN電流注入層
- 25 n側電極
- 26 p型電極
- 31 サファイア基板
- 32 n型InGaAlN電流注入層
- 33 InGa<sub>y</sub>N発光層
- 34 p型InGaAlN電流注入層
- 35 n側電極
- 36 p型電極
- 61 サファイア(0001)基板
- 62 Siドープn型Ga<sub>y</sub>N電流注入層
- 63 アンドープIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N発光層
- 64 Mgドープp型Ga<sub>y</sub>N電流注入層
- 65 n側電極
- 66 p型電極
- 71 サファイア(0001)基板
- 72 Siドープn型GaAlN電流注入及び光閉じ込め層
- 73 Siドープn型Ga<sub>y</sub>Nキャリア閉じ込め層
- 74 アンドープIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N単一量子井戸発光層
- 75 Mgドープp型Ga<sub>y</sub>Nキャリア閉じ込め層
- 76 Mgドープp型GaAlN電流注入及び光閉じ込め層
- 77 n側電極
- 78 p型電極
- 81 サファイア(0001)基板
- 82 n型GaAlN電流注入及び光閉じ込め層
- 83 n型Ga<sub>y</sub>Nキャリア閉じ込め層
- 84 アンドープIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N/Ga<sub>y</sub>N多重量子井戸層
- 85 Mgドープp型Ga<sub>y</sub>Nキャリア閉じ込め層
- 86 MgドープGaAlN電流注入及び光閉じ込め層電流注入層
- 87 n側電極
- 88 p型電極

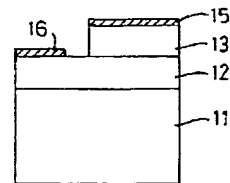
【図1】



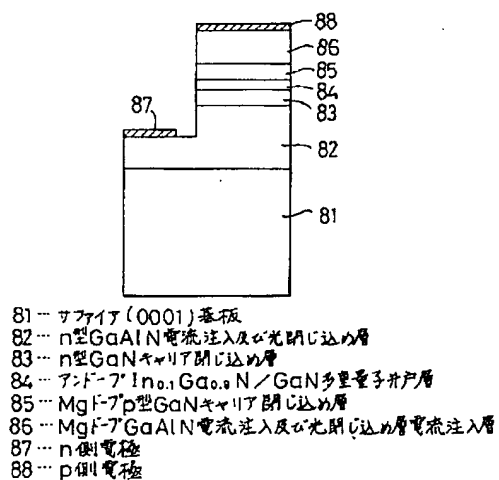
【図2】



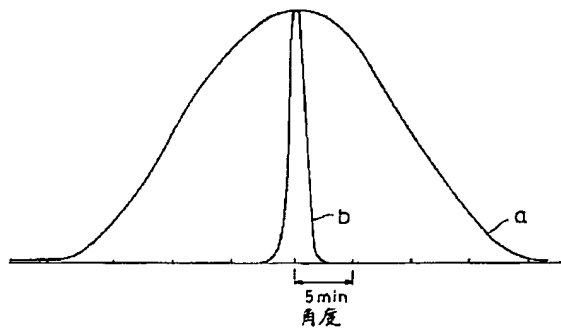
【図6】



【図3】

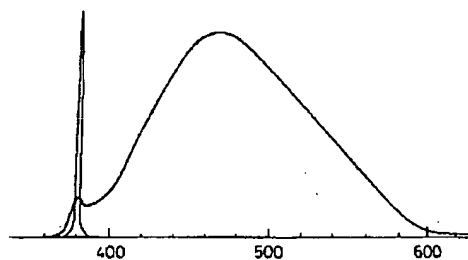


【図4】



【図8】

【図5】



【図7】

